

**ANALISA SETING RELAI ARUS LEBIH (*OVER CURRENT RELAY*) PADA
TRANSFORMATOR DAYA 54 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

YUDHIF PRASETYO WIBIYANTORO

D 400 130 066

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA SETING RELAI ARUS LEBIH (*OVER CURRENT RELAY*) PADA
TRANSFORMATOR DAYA 54 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

YUDHIF PRASETYO WIBIYANTORO

D 400 130 066

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



UMAR, S.T., M.T.

NIK.731

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA SETING RELAI ARUS LEBIH (*OVER CURRENT RELAY*) PADA
TRANSFORMATOR DAYA 54 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B

OLEH

YUDHIF PRASETYO WIBIYANTORO

D 400 130 066

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 3 Juni 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Supardi, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph. D

NIK.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 Juni 2017

Penulis


YUDHIF PRASETYO WIBIYANTORO

D 400 130 066

ANALISA SETING RELAI ARUS LEBIH (OVER CURRENT RELAY) PADA TRANSFORMATOR DAYA 54 MVA DI PLTU TANJUNG JATI B

Abstrak

Transformator daya secara global sangat diperlukan, mengingat banyaknya kebutuhan energi yang digunakan oleh masyarakat. Kebutuhan energi tersebut ditanggapi oleh pemerintah dengan mengadakan program pemerintah yaitu membuat pembangkit baru maupun pembangkit yang belum selesai hingga memperoleh energi 35000 MW. Transformator daya merupakan komponen penting untuk mentransmisikan energi tersebut. Transformator daya yang handal dapat didukung dengan peralatan proteksi yang baik, salah satunya relai arus lebih. Relai arus lebih bekerja mendeteksi kelebihan arus yang melewati sistem dan memberikan perintah kepada PMT (pemutus) untuk trip atau menghentikan aliran daya ke beban yang bertujuan untuk memberikan proteksi kepada transformator daya dari gangguan yang ada. Syarat relai yang baik antara lain sensitive, cepat, selektif, handal dan ekonomis. Metode yang digunakan pada penelitian adalah pencarian data yang diperlukan di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tanjung Jati B dan pencarian buku referensi dan jurnal ilmiah yang sesuai dengan penelitian. Data yang diperoleh digunakan untuk perhitungan matematis. Besaran yang dicari adalah arus nominal, rasio CT yang terpasang, arus *pickup*, arus *Instantaneous*, *time delay* dan arus aktual. Besar nilai CT yang terpasang sisi primer 1500:5 dan sisi sekunder yang terhubung ke baban 3500:5. Hasil yang diperoleh dengan perhitungan matematis, tidak boleh melebihi arus 4.7 A pada sisi primer dan 4,45 A pada sisi sekunder. Nilai arus terbaca oleh relai melebihi atau sama dengan 4.7 A (primer) dan 4.45 A (sekunder) maka relai aktif dan PMT akan berkerja atau trip.

Kata Kunci: proteksi, relai arus lebih, transformator daya.

Abstract

A global power transformer is indispensable, given the large amount of energy demand used by society. Energy needs are responded by the government by holding a government program that is to create a new plant and unfinished plant to obtain energy 35000 MW. The power transformer is an important component for transmitting that energy. Powerful power transformers can be supported with good protection equipment, one of which is more current relays. More current relays work to detect excess current passing through the system and give commands to the PMT (breaker) for trips or to stop the flow of power to the load which aims to provide protection to the power transformer from the disturbance. Good relay requirements include sensitive, fast, selective, reliable and economical. The method used in the research is the search data required in PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tanjung Jati B and search for reference books and scientific journals in accordance with the research. The data obtained is used for mathematical calculations. The sought quantities are nominal current, the ratio of the installed CT, the pickup current, the Instantaneous current, the time delay and the actual current. The value of CT is attached to the primary side 1500: 5 and the secondary side connected to chapter 3500: 5. The results obtained with mathematical calculations, should not exceed the 4.7 A currents on the primary side and 4.45 A on the secondary side. The current value read by the relay exceeds or equal to 4.7 A (primary) and 4.45 A (secondary) then the active relay and PMT will work or trip.

Keywords: protection, over current relay, power transformers.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari sangat diperlukan, terutama kebutuhan pasokan listrik. Suatu sistem tenaga listrik mempunyai beberapa komponen yakni pembangkitan, penyaluran energi listrik dari satu gardu induk menuju gardu induk berikut serta pendistribusian energi listrik. Penyaluran energi listrik dari produsen menuju ke pelanggan sangat penting. Pemerintah mulai menginvestasikan dana untuk perbaikan pada pembangkit-pembangkit yang mangkrak serta berupaya memperoleh energi listrik sampai 35.000 MW. Salah satu produsen penghasil energi listrik ialah PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tanjung Jati B.

Energi listrik dapat diperoleh dari beberapa sumber alam seperti angin, air, fosil dll. Sementara energi listrik yang dihasilkan PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tanjung Jati B dari pengolahan batu bara yang di salurkan melewati jalur air yang dibawa oleh kapal tangker yang dilabuhkan pada area jetty. Batu bara diangkut menggunakan conveyor menuju ke bunker dan diolah menjadi energi listrik yang di salurkan menuju ke gardu induk hingga ke konsumen.

Energi listrik sampai ke konsumen atau pelanggan, diperlukan keandalan dalam penyaluran energi tersebut. Komponen penting untuk menyalurkan energi listrik diantara lain adalah transformator daya yang memiliki fungsi untuk menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik..

Permasalahan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik ialah hubung singkat. Hubung singkat yang timbul dapat bersifat permanen maupun hubung singkat secara temporer atau sementara. Gangguan hubung singkat terdiri dari gangguan simetris dan tidak simetris. Gangguan simetris dapat dibedakan berupa gangguan tiga fasa simetris, sedangkan gangguan tidak simetris dapat meliputi gangguan tunggal satu fasa ke tanah, gangguan ganda, dan gangguan ganda ke tanah, (*Turan Gonen, 1986*).

Gangguan fasa tunggal ke tanah adalah gangguan yang paling sering terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik. Adapun sistem pentanahan tidak efektif, arus gangguan yang rendah sangat umum dalam kasus terjadinya gangguan fasa tunggal ke tanah, yang berakibat rusaknya penyulang, (*Xiangning, 2011*). Gangguan hubung singkat tersebut jika dibiarkan akan berdampak pada peralatan kelistrikan yang dapat menghambat proses pengolahan batu bara menjadi energi listrik bagi konsumen. proteksi sangat diperlukan untuk menjaga keandalan pada transformator maupun peralatan-peralatan kelistrik pada Pembangkitan Tanjung Jati B. Proteksi tersebut diantara lain adalah relai arus lebih atau *over current relay*.

Prinsip kerja relai arus lebih adalah mendeteksi arus lebih dan memberikan pada PMT untuk memutus aliran. pada titik peralatan layanan dan menghitung diperlukan nilai-nilai hubungan singkat di semua lokasi yang sesuai. Menghitung nilai minimum dan maksimum arus hubung singkat yang tersedia dengan memanfaatkan data maupun dengan simulasi hubung singkat, (Ruschel, 1998). Berdasarkan IEC 60255 terdapat beberapa karakteristik relay arus lebih IDMT, yaitu *Standard Inverse* (SI), *Very Inverse* (VI) dan *Extremely Inverse* (EI). Waktu operasi dari karakteristik *Extremely Inverse* adalah yang paling kecil, diikuti karakter *Very Inverse* dan *Standard Inverse*. Ketiga karakteristik tersebut dipertimbangkan sesuai dengan seting relai. (Uma, 2014).

Berdasarkan uraian diatas dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi peneliti bagaimana cara untuk menseting penggunaan relai arus lebih serta karakteristik sistem proteksi pada sistem tenaga listrik dan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengaturan seting relai arus lebih bagi pemakaian proteksi sistem tenaga listrik serta penyaluran energi listrik lebih optimal.

2.METODE

Peranan sistem proteksi sangat diperhatikan, mengingat transformator tersebut digunakan sebagai pengolahan batu bara menjadi energi listrik pada peralatan-peralatan peengoperan kelistrikan pada pembangkitan. Keandalan dalam pengoperasian pembangkit terutama di PT. PLN (Persero) Pembangkitan Tanjung Jati B. Pencarian referensi maupun literatur yang sesuai dengan sistem porteksi diperoleh dari beberapa sumber. Waktu Pengumpulan data parameter yang diperlukan, selama 1 bulan. Data yang diperlukan antara lain single line diagram, data unit transfomator dan parameter relai. Menghitung arus hubung singkat pada bus yang sesuai. Perhitungan dan nilai rasio CT, arus beban penuh, arus seting relai, arus *pickup*, *time dial*, arus *instantaneous pickup*.

1. Studi literature

Studi literatur merupakan kajian penulis dari berbagai referensi-referensi yang ada baik berupa buku, jurnal ilmiah, dan internet yang berhubungan dengan penulisan laporan ini, yang nantinya dapat digunakan dalam pedoman pembuatan laporan penelitian .

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari informasi data di PT. PLN (persero) Pembangkitan Tanjung jati B Kab. Jepara.

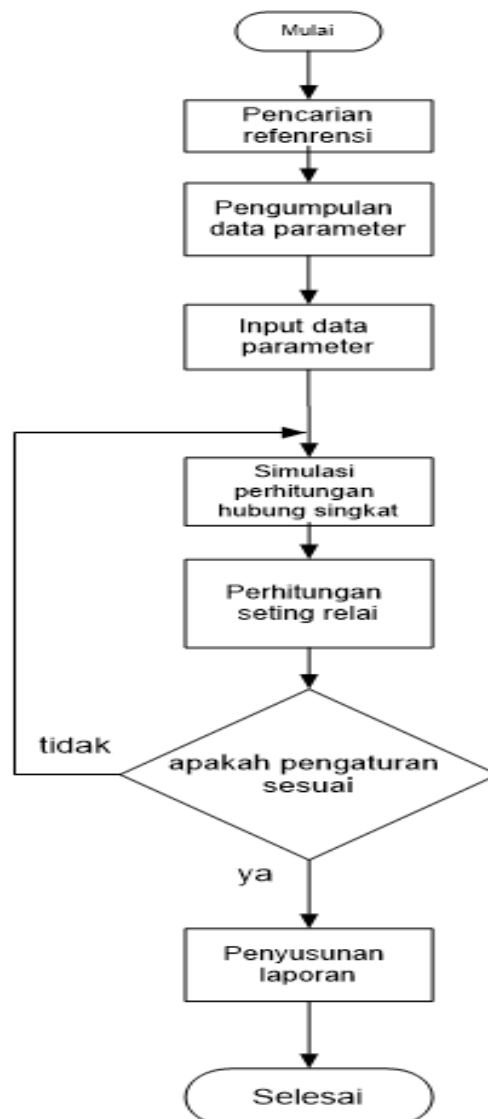
3. Analisi data

Analisis data yaitu proses untuk memahami perhitungan data yang di peroleh dari proses pengambilan data, di mana dalam proses ini untuk menentukan nilai seting OCR yang sesuai dengan kriteria sistem proteksi dan handal.

4. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari analisa perhitungan yang berupa data-data.

Berikut adalah diagram alur dari proses perancangan penelitian.



Gambar 1. *Flowchart*

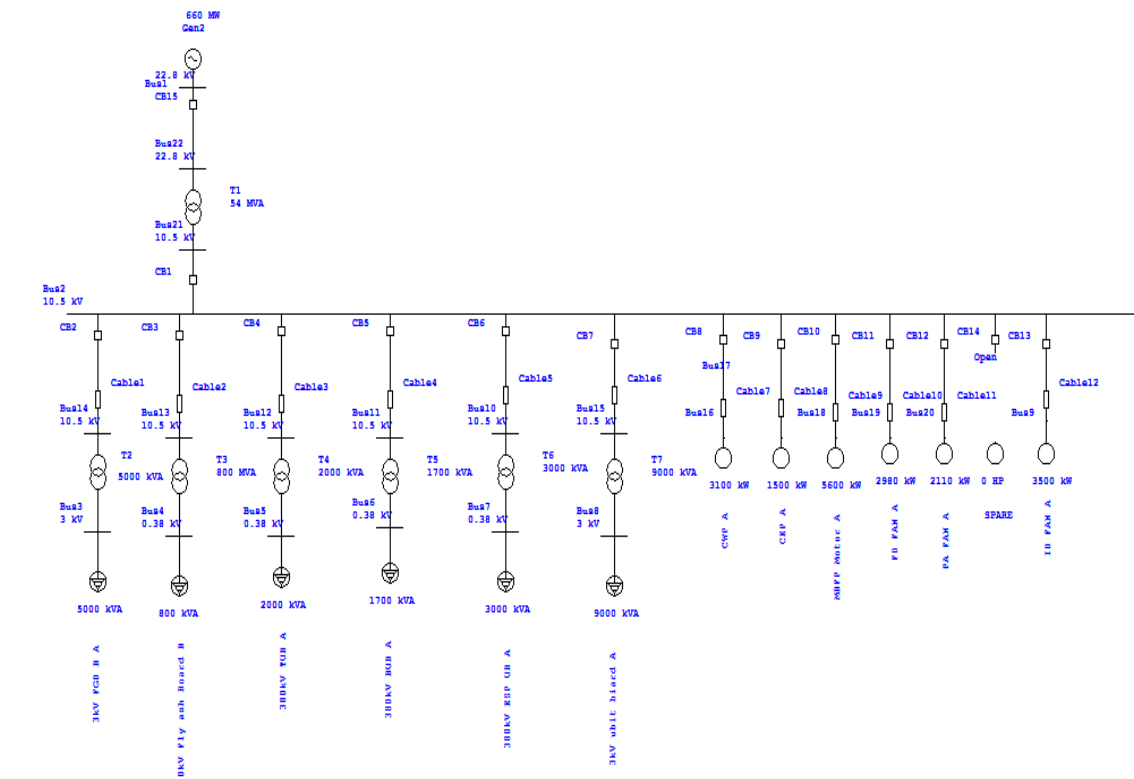
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi data dari hasil penelitian dan perhitungan arus beban penuh, mencari arus hubung singkat pada bus yang sesuai dengan relai perhitungan arus seting dan *time dial* rele.

3.1 DATA

Tabel 1. Data Transformator Daya 54 MVA

<i>Manufacture</i>	Toshiba
Kapasitas	54 MVA
Tegangan primer	22.8 kV
Tegangan sekunder	10.5 kV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	12.5 %
Sambungan	Dyn11
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Suhu Pendingin	<i>Oil</i> & udara
<i>Oil</i>	53 k
<i>Wind</i>	58 k
Fasa	3



Gambar 2. *Single line diagram* transformator 54 MVA

Rumus perhitungan seting relai.

Rumus *Time Dial* digunakan sebagai berikut :

$$TD = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I_{sc}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

TD = waktu operasi (detik)

T = time dial

I_{sc} = nilai arus hubung singkat (Ampere)

I_{set} = arus *pickup* (Ampere)

k = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2)

α = koefisien invers 2 (lihat Tabel 2)

β = koefisien invers 3 (lihat Tabel 2)

Tabel 2. koefisien kurva *time setting*.

Tipe kurva	Koefisien		
	k	α	β
<i>Standart inverse</i>	0,14	0,02	2,970
<i>Very inverse</i>	13,50	1,00	1,500
<i>Extremely inverse</i>	80,00	2	0,808
SUIT	315,2	2,5	1
LTIT	120	1	13,33

3.2 PERHITUNGAN

Table 3. Hasil perhitungan simulasi Arus hubung singkat

Bus	Arus hubung singkat maksimal	Arus hubung singkat minimal
1 <i>(incoming)</i>	106019	73877
21 <i>(penyulang)</i>	29170	18235

3.2.1 Perhitungan Sisi primer 22.8 kV

Mencari arus beban penuh (*full load ampere*). FLA adalah suatu kondisi ketika transformator dalam keadaan beban tertinggi.

$$FLA = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times kV} \dots\dots\dots(2)$$

$$FLA = \frac{54000}{\sqrt{3} \times 22,8}$$

$$FLA = 1367.408 \text{ A}$$

Konversi ke tegangan primer 22.8 kV :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{10.5}{22.8} \times 29170 = 13433.55$$

Jadi arus gangguan yang pada sisi tegangan tinggi 22.8 kV adalah 13433.55 A

Setelan relai yang terpasang dihitung berdasarkan arus beban penuh dikali dengan kurva relai yang dipakai. Berdasarkan *standart inverse british* disetel bekisar 1.05 – 1.3, sementara *definite inverse* di set 1.2 -1.3 dikali arus beban maksimum.

$$I_{nominal} = 1.05 \times FLA \text{ sisi primer transformator} \dots\dots\dots(4)$$

$$I_{nominal} = 1.05 \times 1367.408$$

$$I_{nominal} = 1435.77 \text{ A}$$

Arus setel yang dibaca pada sisi CT primer. Sementara yang digunakan pada relai adalah arus minimal penyetelan pada sisi sekunder CT. Arus seting relai pada sisi sekunder diperoleh dari perkalian arus nominal dikali perbandingan CT yang terpasang.

Rasio CT yang terpasang 1500:5

$$I_{set \text{ sekunder}} = I_{nominal} \times \text{rasio ct} \dots\dots\dots(5)$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 1435.77 \times \frac{5}{1500}$$

$$I_{set \text{ sekunder}} = 4.7 \text{ A}$$

Menentukan arus pickup atau batas minimum arus yang diperuntukan untuk mengaktikan relai supaya bekerja memberikan perintah kepada PMT (pemutus) dan memisahkan perlatan- peralatan kelistrik dari sumber. Nilai arus pickup berdasarkan *standart inverse* adalah $1.05 \leq I_p \leq 0.8 I_{sc \text{ min bus 1}}$

$$\frac{1.05 \times FLA}{CT \text{ primer}} \leq I_p \leq \frac{0.8 \times I_{sc \text{ min bus 1}}}{CT \text{ primer}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{1.05 \times 1367,408}{1500} \leq I_p \leq \frac{0.8 \times 73877}{1500}$$

$$\frac{1435.77}{1500} \leq I_p \leq \frac{59101.6}{1500}$$

$$0.95 \leq I_p \leq 39.4$$

Dipilih tap = 1 In

Nilai aktual pada sisi sekunder didapatkan dari perkalian tap dikali CT primer adalah $1 \times 1500 = 1500$ Ampere. Relai akan aktif apabila arus yang melewati CT melebihi atau sama dengan 1500 A.

Time seting (Standart Inverse)

$$\text{Waktu operasi (td)} = 0.3 + \Delta t = 0.3 + 0.7 = 1 \text{ detik}$$

$$\frac{I_{sc} \text{ max bus 1}}{I_{set}} = \frac{13433,55}{1500} = 8.9557 \dots\dots\dots (7)$$

$$Time \text{ seting} = \frac{T \times 2.97 \left(\left(\frac{I_{sc} \text{ fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$Time \text{ seting} = \frac{1 \times 2.97 \left(\left(\frac{13433,55}{1500} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0.14} = 0.9508 \text{ detik}$$

Curent setting hight set atau Instantaneous relay ialah relai yang bekerja seketika dengan kecepatan mili detik dan umumnya disandingkan dengan karakteristik relai lain. Besar nilai arus gangguan *Instantaneous relay* yang diperoleh, tidak boleh melebihi batas seting yaitu kurang dari 0.8 dikali arus gangguan minimum.

Curent setting hight set (I>>)

$$\frac{I_{sc} \text{ max}}{ct \text{ primer}} \leq I_{pp} \leq \frac{0.8 \times I_{sc} \text{ min}}{ct \text{ primer}} \dots\dots\dots (8)$$

$$\frac{13433.55}{1500} \leq I_{pp} \leq \frac{0.8 \times 18235}{1500}$$

$$8.955 \leq I_{pp} \leq 9.725$$

Di pilih tap high set = 9 in

Seting waktu high set = 0.1 detik

3.2.2. Perhitungan Sisi sekunder (10.5 kV)

$$FLA = \frac{kVA}{\sqrt{3} \times kV} \dots\dots\dots (9)$$

$$FLA = \frac{54000}{\sqrt{3} \times 10.5}$$

$$FLA = 2926.9 \text{ A}$$

Setelah relai yang terpasang dihitung berdasarkan arus beban penuh. Menurut standart inverse british ialah 1.05- 1.3 dikali arus beban penuh pada sisi sekunder.

$$I_{nominal} = 1.05 \times FLA \text{ sisi sekunder} \dots\dots\dots (10)$$

$$I_{nominal} = 1.05 \times 2926,9 \text{ A}$$

$$I_{nominal} = 3118.395$$

Arus yang terbaca pada sisi primer CT adalah 3118.395 A, sementara Arus yang penyetelan yang dibaca oleh relai adalah sisi sekunder CT. Arus pada sisi sekunder diperoleh dengan perkalian antara arus setel dikali perbandingan CT yang digunakan.

rasio CT yang terpasang 3500: 5

$$I_{setel\ sekunder} = I_{set\ primer} \times rasio\ CT \dots\dots\dots(11)$$

$$I_{set\ sekunder} = 3118.395 \times \frac{5}{3500}$$

$$I_{set\ sekunder} = 4.45\ A$$

Menentukan arus *pickup*

$$\frac{1.05 \times FLA}{CT\ primer} \leq I_p \leq \frac{0.8 \times I_{sc\ min\ bus\ 21}}{CT\ primer} \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{3118.395}{3500} \leq I_p \leq \frac{0.8 \times 18235}{35000}$$

$$0.89097 \leq I_p \leq 4.188$$

Di pilih tap = 0.9 In

Nilai aktual pada sisi sekunder adalah $0.9 \times 3500 = 3150\ A$. Relai akan aktif apabila arus yang melewati CT melebihi atau sama dengan 3150 A.

Menentukan waktu penyetelan.

Time seting (Standart Inverse)

Waktu operasi (td) = $0.4 + \Delta t = 0.4 + 0.3 = 0.7$ detik

$$\frac{I_{sc\ max\ bus\ 1}}{I_{set}} = \frac{29170}{3150} = 9.26 \dots\dots\dots(13)$$

$$Time\ seting = \frac{T \times 2.97 \left(\left(\frac{I_{sc\ fault}}{I_{set}} \right)^{0.02} - 1 \right)}{0.14} \dots\dots\dots(14)$$

$$Time\ seting = \frac{0.7 \times 2.97 \left(\left(\frac{29170}{3150} \right)^{0.02} - 1 \right)}{0.14} = 0.675\ detik$$

Menentukan arus *instantaneous* atau *current setting hight set* pada sisi 10.5 kV. Besar nilai arus gangguan *Instantaneous relay* yang diperoleh, tidak boleh melebihi batas seting yaitu kurang dari 0,8 arus gangguan minimum.

Curent setting hight set (I>>)

$$I_{pp} \leq \frac{I_{sc\ min}}{ct\ primer} \dots\dots\dots(15)$$

$$I_{pp} \leq \frac{0.8 \times 73877}{3500}$$

$$I_{pp} \leq \frac{0.8 \times 73877}{3500}$$

$$I_{pp} \leq 16.88$$

Di pilih tap = 16 In

Seting waktu high set = 0.7 detik

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan diatas, peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Rating arus yang diperoleh dari hasil perkalian arus beban penuh dengan ketentuan kurva karakteristik relai, rating tidak boleh melebihi batas yang ditentukan yaitu berkisar 1.05 - 1.3 (*standart inverse british*) dan *definite inverse* berkisar 1.2 – 1.3, CT yang terpasang pada Transformator ialah 1500:5 (primer) dan CT sekunder 3500:5.
2. Seting arus minimum adalah batas arus minimum untuk mengaktifkan relai untuk bekerja dan memberi perintah pada pemutus untuk menghentikan energi menuju ke jaringan. Arus minimum mengaktifkan relai sisi primer ≥ 4.7 A, sementara sisi sekunder ≥ 4.45 A yang dibaca relai transformator or daya.
3. Arus pickup adalah penyetelan yang pakai pada relai untuk beroperasi memberikan perintah pada Pemutus (*circuit breaker*). Besar nilai arus *pickup* adalah 1 In disisi primer dan 0.9 In pada sisi sekunder transformator daya.
4. Nilai Relai Waktu Seketika (*Instantaneous relay*) ialah relai yang bekerja seketika tanpa waktu tunda. nilai sisi primer sebesar 9 In dan sisi sekunder bernilai 16 In.
5. Berdasarkan perihitungan tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan penyetelan relai arus lebih dan dapat meberikan pengetahuan mengenai penyetelan relai arus lebih.

PERSANTUNAN

Penyusunan laporan ini dapat terselesaikan bukan hanya hasil dan kerja keras serorang saja. Melainkan ada pihak lain yang telah memberikan informasi, saran, masukan dan ilmu yang bermanfaat bagi penyelesaian tugas akhir ini, dukungan moril dan doa tidak lupa diberikan dari pihak yang terkait dalam penyusunan tugas akhir tersebut. Pihak-pihak lain yang ikut adil diantara lain.

1. Allah S.W.T atas limpahan karunia dan nikmat yang di berikan, penulis dapat menyusun tugas akhir tersebut sampai selesai dengan lancar.
2. Rosulullah Muhammad S.A.W. karna tuntunan dan syafaatnya untuk umat muslim yang dipimpinnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan baik secara moril dan materil unuk pengerjaan tugas akhir tersebut.

4. Saudara-saudara saya yang telah memberikan dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
5. Bapak Umar, S.T., M.T selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan waktu, ilmu dan semangat mengerejakan tugas akhir tersebut.
6. Dosen-dosen teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang memberikan ilmu yang bermanfaat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
7. PT. PLN (persero) pembangkitan Tanjung Jati B Yang telah memberikan bantuan dan data penulisan.
8. Teman-teman satu bimbingan oleh bapak Umar, yakni Qoid, Ria, Yaniar, ardany, rika dan yang lainnya atas dukungan dan motivasi.
9. Pihak teman seperjuangan tugas akhir teknik Elektro angkatan 2013 yang telah menderikan dukungan semngat dan motivasi pengerjaan tugas akhir ini

DAFTAR PUSTAKA

- Nasser, Tleis, “*Power System Modelling and Fault Analysis*”, Elvesier, Chennai, 2008.
- Turan Gonen. (1986). *Electrical Distribution System Engineering*. Mc-Graw-Hill International State of America
- Ruschel,W.J., dan A. A. Wayne. 1989.”*Coordination of Relays, Reclosers, and Sectionalizing Fuses for Overhead Lines in the Oil Patch*”. IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 25 .
- Wahyudi, R, ”DiktatKuliah Sistem Pengaman Tenaga Listrik”, Teknik Elektro-ITS,Surabaya, 2008.
- Uma, U U, Onwuka, I K. (2014). *Overcurrent Relay Setting Model for Effective Substation Relay Coordination*. IOSR Jounal of Engineering (IOSRJEN). Vol 04
- Yusmiharga, D S. (2012). Perencanaan Koordinasi rele Pengaman Pada Sistem Kelistrikan di PT. Wilmar Gresik Akibat Penambahan Daya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Pandjaitan, Bonar. 2012.”Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik”. Yogyakarta. Andi
- Xiangning Lin. etc All,(2007) ,” *A Selective Single Phase To Ground Fault Protection For Neutral Un Effectively Grounded Systems*”. China. *Electrical Power and Energy Systems* 33 (2011) 1012–1017